



(19)

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 120 932 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
01.08.2001 Patentblatt 2001/31

(51) Int Cl.7: H04L 1/00, H04L 1/20

(21) Anmeldenummer: 00810080.2

(22) Anmeldetag: 28.01.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder: ABB RESEARCH LTD.
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder: Dzung, Dacfey, Dr.
5430 Wettingen (CH)

(74) Vertreter: ABB Patent Attorneys
c/o ABB Business Services Ltd,
Intellectual Property (SLE-I),
Haselstrasse 16/699
5401 Baden (CH)

(54) Datenübertragung mit variabler Paketlänge

(57) In einem Verfahren zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge wird während der Datenübertragung mittels eines Automatic Repeat Request (ARQ) Protokolls eine gemessene Paketfehlerrate ermittelt. Anhand dieser gemessenen Paketfehlerrate wird eine geschätzte Bitfehlerrate ermittelt. Anhand dieser geschätzten Bitfehlerrate eine optimale Nutzdatenlänge, welche einen relativen Datendurchsatz maximiert, er-

mittelt. Diese optimale Nutzdatenlänge wird zur Datenübertragung verwendet.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass die optimale Nutzdatenlänge ändernden Bitfehlerraten nachgeführt wird, so dass dauernd ein maximaler Datendurchsatz erreicht wird. Dies ist insbesonder bei Datenübertragungsstrecken mit relativ hohen Bitfehlerraten, das heisst Bitfehlerraten grösser als 0.001 oder 0.01, von Vorteil.

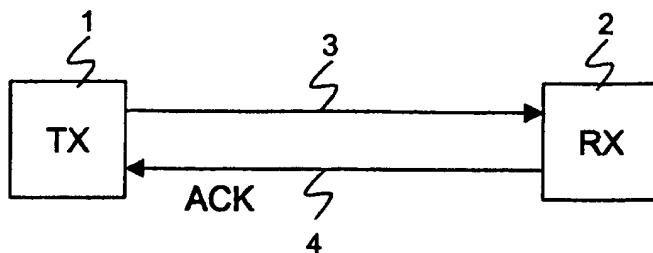


Fig. 1

Beschreibung**Technisches Gebiet**

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Kommunikationstechnik. Sie bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge gemäss dem Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 8.

Stand der Technik

[0002] Ein allgemein bekanntes Verfahren zur Datenübertragung mittels eines Automatic Repeat Request (ARQ) Protokolls ist in "Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis", Mischa Schwartz, Addison-Wesley, 1988, Seiten 119-134, beschrieben. Beim ARQ-Protokoll wird, nach einer Detektion eines Fehlers in einem empfangenen Datenpaket das Datenpaket wiederholt gesendet. Bei gleicher Wahrscheinlichkeit eines Bitfehlers in einem Datenpaket können in störungsärmeren Übertragungskanälen längere Datenpakete verwendet werden. Dies ist von Vorteil, da ein längeres Datenpaket mehr Nutzdaten im Verhältnis zu Steuerdaten oder Kopfdaten aufweist. Werden die Datenpakete jedoch länger, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Paketfehler auftritt und ein Paket wiederholt werden muss. Dadurch verringert sich eine durchschnittliche Übertragungsrate der Nutzdaten. Deshalb wird die Länge von Datenpaketen beim Entwurf eines Datenübertragungssystems entsprechend dem Übertragungskanal optimiert und fest eingestellt.

[0003] Bei einer Änderung von Kanaleigenschaften ist eine Übertragung mit einer fest eingestellten Länge von Datenpaketen jedoch nicht mehr optimal. Deshalb existieren Verfahren zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge. Ein solches ist beispielsweise aus der US 5,490,168 bekannt. Darin ist offenbart, wie in einem Verfahren zur Datenübertragung mittels des Automatic Repeat Request (ARQ) Protokolls eine Länge von Datenpaketen angepasst wird, indem zwischen zwei vorgegebenen Längen umgeschaltet wird, je nach dem, ob eine Anzahl Wiederholungen von Datenpaketen vorgegebene Schwellwerte über- oder unterschreitet. Dadurch wird jedoch keine optimale Anpassung der Paketlänge an die Kanaleigenschaften erreicht. Im Artikel "Throughput Performance of SAW-ARQ Protocol with Adaptive Packet Length in Mobile Packet Data Transmission", S. Hara et al., IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 45, No. 3, Aug. 1996 wird ebenfalls ein ARQ-Verfahren mit variabler Paketlänge beschrieben. Darin sind Paketlängen von 128, 256, 512, 1024 und 2048 bits vorgegeben. Wenn eine Paketfehlerrate einen Schwellwert unterschreitet respektive überschreitet, wird jeweils auf eine höhere respektive niedrigere Paketlänge umgeschaltet. Auch dadurch wird keine optimale Anpassung der Paketlänge an die Kanaleigenschaften erreicht.

Darstellung der Erfindung

[0004] Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge eingangs genannten Art zu schaffen, welche die oben genannten Nachteile behebt.

[0005] Diese Aufgabe lösen ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 8.

[0006] Im erfindungsgemässen Verfahren zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge wird während der Datenübertragung mittels eines Automatic Repeat Request (ARQ) Protokolls eine Paketfehlerrate gemessen, anhand dieser gemessenen Paketfehlerrate eine geschätzte Bitfehlerrate ermittelt, und anhand dieser geschätzten Bitfehlerrate eine optimale Nutzdatenlänge, welche einen relativen Durchsatz der Daten maximiert, ermittelt und diese optimale Nutzdatenlänge zur Datenübertragung verwendet.

[0007] Die Erfindung hat den Vorteil, dass bei ändernden Bitfehlerraten stets die optimale Nutzdatenlänge verwendet wird, so dass dauernd ein maximaler Daten durchsatz erreicht wird. Dies ist insbesondere bei Datenübertragungsstrecken mit relativ hohen Bitfehlerraten von Vorteil.

[0008] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, dass die Anpassung an die Bitfehlerrate keine Änderung in einer physikalischen Kommunikationsschicht der Datenübertragung benötigt, sondern nur in logischen, softwaregesteuerten Kommunikationsschichten.

[0009] Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Im folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele, welche anhand der beiliegenden Zeichnungen erklärt sind, näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 schematisch eine Struktur einer erfindungsgemässen Vorrichtung;

Figur 2 Abhängigkeiten eines relativen Durchsatzes η von einer Paketfehlerrate $p(d)$ und von einer Bitfehlerrate p_b ;

Figur 3 eine Abhängigkeit einer optimalen Nutzdatenlänge d_{opt} von einer Bitfehlerrate Bitfehlerrate p_b ; und

Figur 4 eine Abhängigkeit des relativen Durchsatzes η bei optimaler Nutzdatenlänge d_{opt} von einer Bitfehlerrate p_b .

[0011] Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0012] Figur 1 zeigt schematisch eine Struktur einer Vorrichtung zur Datenübertragung respektive ein Datenübertragungssystem gemäss der Erfindung. Das Datenübertragungssystem weist einen Sender 1 und einen Empfänger 2 auf. Der Sender 1 weist Mittel zum Senden von Daten 3 über einen Datenübertragungskanal an den Empfänger 2 sowie Mittel zum Empfangen von Bestätigungssignalen 4 auf. Der Empfänger 2 weist Mittel zum Empfangen von Daten 3 sowie Mittel zum Senden von Bestätigungssignalen 4 auf.

[0013] Das Verfahren zur Datenübertragung funktioniert in bekannter Weise mittels eines Automatic Repeat Request (ARQ) Protokolls, wie es in "Telecommunication Networks: Protocols, Modeling and Analysis", Mischa Schwartz, Addison-Wesley, 1988, Seiten 119-134, beschrieben ist: Zu übertragende Nutzdaten werden in Nutzdatenpakete mit einer Nutzdatenlänge von d bits aufgetrennt. Einem Nutzdatenpaket werden Kopfdaten mit einer Länge von h bits zugeordnet. Kopfdaten umfassen beispielsweise Synchronisations-, Adressierungs- und Steuerinformationen, sowie eine Prüfsumme oder andere Informationen zur Fehlererkennung. Nutzdatenpaket und Kopfdaten bilden zusammen ein Datenpaket oder einen Datenrahmen mit einer Länge von $h+d$ bits. Der Sender 1 sendet resp. überträgt ein Datenpaket als Daten 3 an den Empfänger 2. Der Empfänger 2 empfängt und prüft die Daten 3 in bekannter Weise, beispielsweise anhand der Prüfsumme. Detektiert der Empfänger 3 einen Fehler in einem Datenrahmen, so übermittelt der Empfänger 3 dem Sender 1 ein negatives oder kein Bestätigungssignal 4, worauf der Sender 1 den Datenrahmen erneut sendet.

[0014] Das erneute Senden des Datenrahmens geschieht in bekannter Weise, indem der Sender auf das Bestätigungssignal wartet, bevor er einen weiteren oder einen wiederholten Datenrahmen sendet ("Stop-and-wait protocol"), oder indem der Sender den fehlerhaften und alle darauffolgenden Datenrahmen erneut sendet ("Go-back-N protocol"), oder indem der Sender nur den fehlerhaften Datenrahmen wiederholt ("Selective-repeat protocol"). Detektiert der Empfänger 3 keinen Fehler in einem Datenrahmen, so übermittelt der Empfänger 3 dem Sender 1 ein positives Bestätigungssignal.

[0015] Die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Übertragung ein Fehler in einem Datenpaket auftritt, wird Paketfehlerrate $p(d)$ des Datenübertragungssystems genannt. Bei unabhängigen Bitfehlern und bei einer Bitfehlerrate p_b beträgt die Paketfehlerrate $p(d)$

$$p(d) = 1 - (1 - p_b)^{h+d} \quad (1)$$

[0016] Im Durchschnitt muss ein Datenrahmen eine durchschnittliche Anzahl von Wiederholungen n_{rep} mal

gesendet werden, wobei $n_{rep} = 1/(1-p(d))$ beträgt. Dabei wird angenommen, dass die kurzen Bestätigungssignale fehlerfrei übertragen werden. Um somit d Nutzdatenbits zu übertragen, werden $n_{rep} \cdot (h+d)$ Bits übertragen. Das Verhältnis zwischen diesen beiden Zahlen wird als relativer Durchsatz η bezeichnet und beträgt somit beim "Stop-and-wait protocol"

$$\eta(d) = \frac{d}{n_{rep} \cdot (h+d)} = \frac{d}{h+d} \cdot (1 - p(d)) \quad (2)$$

[0017] Figur 2 zeigt verschiedene Verläufe des relativen Durchsatzes η in Abhängigkeit der Paketfehlerrate $p(d)$ und für verschiedene Bitfehlerraten p_b .

[0018] Ein erster Verlauf 21 entspricht einer Bitfehlerrate $p_b=0.0001$, ein zweiter Verlauf 22 entspricht einer Bitfehlerrate $p_b=0.001$, ein dritter Verlauf 23 entspricht einer Bitfehlerrate $p_b=0.01$. Die Kopflänge h beträgt jeweils 32 Bits.

[0019] Die Kopflänge h ist durch ein Übertragungsprotokoll gegeben und ist konstant. Die Nutzdatenlänge d beeinflusst den relativen Durchsatz η über zwei einander entgegenwirkende Effekte: Eine Erhöhung der Nutzdatenlänge d verringert den relativen Anteil der Kopflänge h an den übertragenen Daten. Alleine betrachtet würde dies eine Erhöhung des relativen Durchsatzes η bewirken. Die Erhöhung der Nutzdatenlänge d erhöht aber die Wahrscheinlichkeit eines Paketfehlers und damit auch die durchschnittliche Anzahl von Wiederholungen n_{rep} . Diese wirkt in Richtung einer Verringerung des relativen Durchsatzes η . Eine optimale Wahl d_{opt} der Nutzdatenlänge d in Abhängigkeit von einer gegebenen Bitfehlerrate p_b lässt sich für einen relativen Durchsatz η gemäss Gleichung (2) analytisch bestimmen, wie im oben erwähnten Buch von M. Schwartz angegeben.

[0020] Figur 3 zeigt einen Verlauf der optimalen Nutzdatenlänge d_{opt} in Abhängigkeit der Bitfehlerrate p_b für eine gegebene Kopflänge $h=32$ bits.

[0021] Figur 4 zeigt einen Verlauf des relativen Durchsatzes η in Abhängigkeit der Bitfehlerrate p_b , wenn bei jeder Bitfehlerrate p_b eine dieser Bitfehlerrate p_b entsprechende optimale Nutzdatenlänge d_{opt} verwendet wird.

[0022] Erfindungsgemäss wird die Nutzdatenlänge d laufend und dynamisch den Kanaleigenschaften angepasst, so dass der relative Durchsatz η maximal wird. Dazu weist das erfindungsgemäss Verfahren die folgenden Schritte auf:

1. Wahl eines Initialwertes für die Nutzdatenlänge d und somit einer Länge der Datenrahmen von $d+h$.
2. Verwendung des ARQ-Protokolls. Für ein Zeitintervall, beginnend bei einem Anfangszeitpunkt T1 bis zu einem Zeitpunkt T2 wird eine gesamte Anzahl k_1 von übertragenen (fehlerhaften oder korrekten) Datenrahmen und eine Anzahl k_2 von fehler-

haft übertragenen Datenrahmen gemessen. Nachdem beispielsweise eine vorbestimmte Anzahl von fehlerhaft übertragenen Datenrahmen erreicht ist, wird eine gemessene Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ als

$$\hat{p}(d) = \frac{k2}{k1} \quad (3)$$

bestimmt.

3. Aus der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ wird aus der Umkehrung von Gleichung (1), also aus

$$\hat{p}_b = 1 - (1 - \hat{p}(d))^{1/(h+d)} \quad (4)$$

eine geschätzte Bitfehlerrate \hat{p}_b bestimmt.

4. Aus der geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b wird eine optimale Nutzdatenlänge d_{opt} bestimmt, welche den relativen Durchsatz η maximiert. Für einen relativen Durchsatz η gemäß Gleichung (2) beträgt die optimale Nutzdatenlänge d_{opt}

$$d_{opt} = \frac{h}{2} + \sqrt{\frac{h^2}{4} - \frac{h}{\log(1 - \hat{p}_b)}} \quad (5)$$

respektive ein nächstliegender ganzzahliger Wert.

5. Die optimale Nutzdatenlänge d_{opt} wird zur Datenübertragung verwendet.

6. Fortsetzung des Verfahrens bei Schritt 2.

[0023] Die Nutzdatenlänge ist somit nicht an vorgegebene Werte gebunden sondern nimmt beliebige ganzzahlige positive Werte an.

[0024] Die Berechnungen des oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens werden beispielsweise im Sender oder im Empfänger durchgeführt und Resultate und Umschaltzeitpunkte auf eine veränderte optimale Nutzdatenlänge d_{opt} der jeweiligen Gegenstation übermittelt. In einer anderen Variante werden die Berechnungen sowohl im Sender als auch im Empfänger parallel durchgeführt, da beide über die gleichen Ausgangsinformationen, das heißt Werte von $k1$ und $k2$, verfügen.

[0025] In einer bevorzugten Variante der Erfindung berücksichtigt die Optimierung der Nutzdatenlänge nicht nur, wie in Gleichung (2), die gemessene Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$, sondern auch eine Verzögerungszeit t_d , welche beispielsweise durch eine Übertragungsverzögerung hervorgerufen wird. Die Verzögerungszeit t_d ist konstant oder variabel, jedoch messbar. Der relative Durchsatz η beträgt in dieser Variante, mit Verwendung des "go-back-N protocols"

$$\eta(d) = \frac{d}{d + h} \cdot \frac{1 - \hat{p}(d)}{1 - \hat{p}(d) + a \cdot \hat{p}(d)}, \quad (6)$$

wobei

$$a = \frac{(h + d)T_b + 2t_d}{(h + d)T_b}$$

5

die relative Verzögerung bezeichnet. Dabei ist $a \geq 1$ und ist T_b gleich einer Bitdauer, das heißt der zeitlichen Länge eines Bits.

[0026] Anstelle der Schritte 3 und 4 des oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens wird somit in dieser Variante anhand der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ und der Verzögerungszeit t_d die Nutzdatenlänge d so gewählt, dass der relative Durchsatz η gemäß Gleichung (6) maximal ist. Da keine geschlossene Lösung existiert, geschieht dies vorzugsweise durch ein numerisches Optimierungsverfahren.

[0027] In einer weiteren bevorzugten Variante der Erfindung werden andere allgemein bekannte Varianten des ARQ-Protokolls verwendet. Beispielsweise werden Datenrahmen numeriert und Bestätigungen dieser Datenrahmen ebenfalls numeriert. Dadurch verringert sich bei langen Übertragungsstrecken eine durchschnittliche Verzögerung bis zur Wiederholung eines fehlerhaft empfangenen Datenrahmens und es verbessert sich eine Kanalausnutzung. In dieser Variante werden eine entsprechend angepasste Gleichung für den relativen Durchsatz η und eine entsprechende Optimierung im Schritt 3 des oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens verwendet.

[0028] In einer bevorzugten Variante der Erfindung wird die Optimierung entsprechend der gültigen Gleichung für den relativen Durchsatz η bei bekannter Kopflänge h bereits beim Entwurf des Datenübertragungssystems durchgeführt und die Abhängigkeit der optimalen Nutzdatenlänge d_{opt} von der Paketfehlerrate $p(d)$ oder der Bitfehlerrate p_b in einer Funktionstabelle oder mittels einer Annäherung durch ein Polynom gespeichert. Falls der relative Durchsatz η von mehr als einem variablen Parameter abhängt, beispielsweise auch von der Verzögerungszeit t_d , wird vorzugsweise eine Kombination einer Tabelle mit einer polynomialen Darstellung, oder ein zweidimensionales Polynom verwendet. Beim Betrieb des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die optimale Nutzdatenlänge d_{opt} anhand der im voraus berechneten Tabelle und/oder polynomialen Darstellung direkt aus der geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b oder aus der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ und allenfalls weiteren Parametern ermittelt. Diese Variante hat den Vorteil, dass keine online-Optimierung stattfinden muss. Beispielsweise wird der sich aus der Kombination von (4) und (5) ergebende Zusammenhang

55

$$d_{opt} = \frac{h}{2} + \sqrt{\frac{h^2}{4} - \frac{h(h + d)}{\log(1 - \hat{p}(d))}}$$

tabelliert. Beim Vorhandensein einer Verzögerungszeit

t_d wird eine Tabelle mit $\hat{p}(d)$ und t_d als Eingangswerten und d_{opt} als Ausgangswert verwendet.

[0029] Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass es von Informationen ausgeht, die in einer Implementation des ARQ-Protokolls ohnehin verfügbar sind, nämlich die Nutzdatenlänge d und die gesamte Anzahl $k1$ von übertragenen Datenrahmen und die Anzahl $k2$ von fehlerhaft übertragenen Datenrahmen. Diese Informationen sind beispielsweise in einer "logical link control"-Schicht des allgemein bekannten ISO/OSI Kommunikationsmodell vorhanden. Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt als weiteren Vorteil keine Modifikationen einer physikalischen Schicht des Datenübertragungssystems.

Die Erfindung wird vorzugsweise mit Datenübertragungssystemen mit einer relativ hohen Bitfehlerrate p_b verwendet, was heißt, dass $p_b > 0.001$ oder insbesondere $p_b > 0.01$ ist. Bei solchen Systemen weist der relative Durchsatz η ein deutlich von der Bitfehlerrate p_b abhängiges Maximum auf, wie aus Figur 1 ersichtlich ist.

[0030] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung weist ein Mittel zur Ermittlung einer gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ auf, welches vorzugsweise ein Mittel zur Zählen der Gesamtzahl $k1$ der übertragenen (fehlerhaften oder korrekten) Datenrahmen, ein Mittel zum Zählen der Anzahl $k2$ von fehlerhaft übertragenen Datenrahmen und ein Mittel zur Bestimmung der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ als Quotient $k2/k1$ aufweist. Ferner weist die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Mittel zur Bestimmung der optimalen Nutzdatenlänge d_{opt} nach Massgabe der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ auf.

[0031] Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel zur Bestimmung der geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b auf. Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße Vorrichtung auch Mittel auf, um die ermittelte optimale Nutzdatenlänge d_{opt} zur Kommunikation zu verwenden.

Bezugszeichenliste

[0032]

1	Sender
2	Empfänger
3	Daten
4	Bestätigungssignale
d	Nutzdatenlänge
d_{opt}	optimale Nutzdatenlänge
h	Kopflänge
$k1$	gesamte Anzahl von übertragenen Datenrahmen
$k2$	Anzahl von fehlerhaft übertragenen Datenrahmen
$p(d)$	Paketfehlerrate
$\hat{p}(d)$	gemessene Paketfehlerrate
p_b	Bitfehlerrate
\hat{p}_b	geschätzte Bitfehlerrate
t_d	Verzögerungszeit

η relativer Durchsatz

Patentansprüche

1. Verfahren zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge, welches ein Automatic Repeat Request (ARQ) Protokoll verwendet, dadurch gekennzeichnet, dass

eine Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ gemessen wird, anhand dieser gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ eine optimale Nutzdatenlänge d_{opt} , welche einen relativen Durchsatz η der Daten maximiert, ermittelt wird, und diese optimale Nutzdatenlänge d_{opt} zur Datenübertragung verwendet wird.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessene Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ gemäß

$$\hat{p}(d) = \frac{k2}{k1}$$

bestimmt wird, wobei $k1$ eine gesamte Anzahl von übertragenen Datenrahmen eines Zeitintervalls und $k2$ eine Anzahl von fehlerhaft übertragenen Datenrahmen des Zeitintervalls ist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass anhand der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ eine geschätzte Bitfehlerrate \hat{p}_b ermittelt wird, und dass die optimale Nutzdatenlänge d_{opt} anhand dieser geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b ermittelt wird.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die geschätzte Bitfehlerrate \hat{p}_b aus der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ gemäß

$$\hat{p}_b = 1 - (1 - \hat{p}(d))^{1/(h+d)}$$

bestimmt wird, wobei h eine Anzahl bits von Kopfdaten eines Datenrahmens und d eine Anzahl bits von Nutzdaten eines Datenrahmens ist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die optimale Nutzdatenlänge d_{opt} anhand der geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b gemäß

$$d_{opt} = -\frac{h}{2} + \sqrt{\frac{h^2}{4} - \frac{h}{\log(1 - \hat{p}_b)}}$$

bestimmt wird, wobei h eine Anzahl bits von Kopf-

daten eines Datenrahmens ist.

6. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optimale Nutzdatenlänge d_{opt} anhand der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ ermittelt wird, indem d_{opt} derjenige Wert von d ist, welcher den gemäss

$$\eta(d) = \frac{d}{d + h} \cdot \frac{1 - \hat{p}(d)}{1 - \hat{p}(d) + a \cdot \hat{p}(d)} \quad 10$$

definierten relativen Durchsatz η der Daten maximiert, wobei

$$a = \frac{(h + d)T_b + 2t_d}{(h + d)T_b} \quad 15$$

ist, und wobei h eine Anzahl bits von Kopfdaten eines Datenrahmens ist, t_d eine Verzögerungszeit einer Datenübertragung und T_b gleich einer Bitdauer ist.

7. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optimale Nutzdatenlänge d_{opt} anhand der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ durch eine vorausberechnete Funktionstabelle und/oder eine polynomiale Darstellung geschieht.

8. Vorrichtung zur Datenübertragung mit variabler Paketlänge, wobei die Datenübertragung ein Automatic Repeat Request (ARQ) Protokoll aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung

ein Mittel zur Ermittlung einer gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ aufweist, und
ein Mittel zur Bestimmung einer optimalen Nutzdatenlänge d_{opt} nach Massgabe der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ aufweist.

9. Vorrichtung gemäss Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Mittel zur Zählen einer Gesamtzahl k_1 von übertragenen Datenrahmen, ein Mittel zum Zählen einer Anzahl k_2 von fehlerhaft übertragenen Datenrahmen, und ein Mittel zur Bestimmung der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ als Quotient k_2/k_1 aufweist.

10. Vorrichtung gemäss Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel zur Bestimmung einer geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b nach Massgabe der gemessenen Paketfehlerrate $\hat{p}(d)$ und ein Mittel zur Bestimmung der optimalen Nutzdatenlänge d_{opt} nach Massgabe der geschätzten Bitfehlerrate \hat{p}_b aufweist.

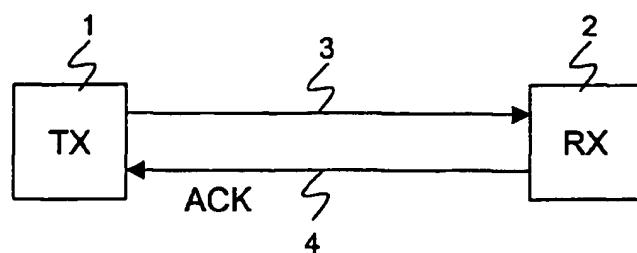


Fig. 1

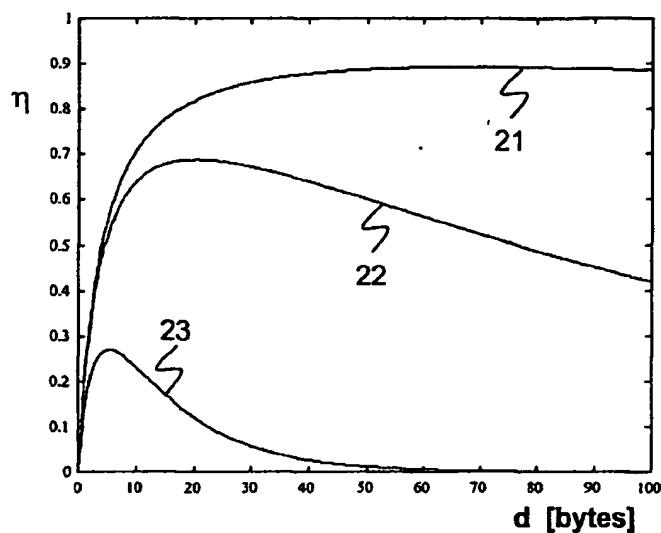


Fig. 2

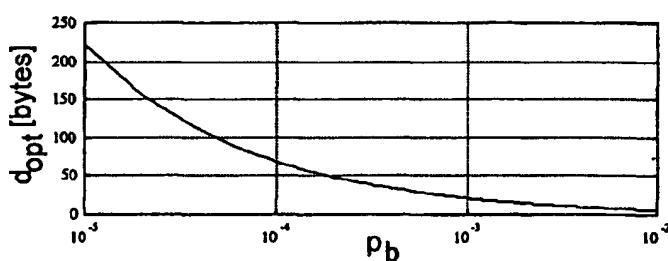


Fig. 3

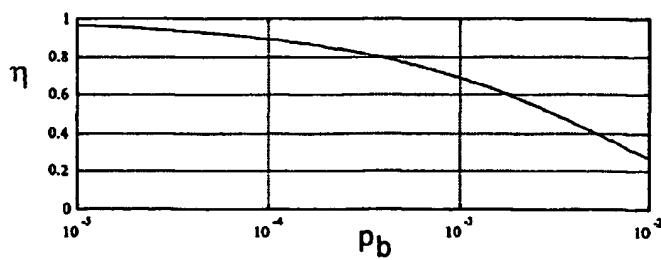


Fig. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 81 0080

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (InCL7)
D, X	M. SCHWARTZ: "Telecommunication Networks:Protocols, Modeling and Analysis" 1987 , ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY , READING, MASSACHUSETTS, US XP002141404 * Seite 125, Absätze 4-1,4-2 - Seite 134 *	1,6,8	H04L1/00 H04L1/20
Y		2-5,7,9, 10	
X	WO 99 44341 A (TANTIVY COMMUNICATIONS) 2. September 1999 (1999-09-02) * Zusammenfassung * * Seite 3, Zeile 8 - Seite 4, Zeile 26 * * Seite 10, Zeile 30 - Seite 11, Zeile 16 * * Seite 17, Zeile 1 - Seite 22, Zeile 27 *	1,8	
D, X	SHINSUKE HARA ET AL: "THROUGHPUT PERFORMANCE OF SAW-ARQ PROTOCOL WITH ADAPTIVE PACKET LENGTH IN MOBILE PACKET DATA TRANSMISSION" IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, US, IEEE INC. NEW YORK, Bd. 45, Nr. 3, 1. August 1996 (1996-08-01), Seiten 561-569, XP000632299 ISSN: 0018-9545 * Zusammenfassung * * Absätze '0001!,'0IVB! *	1,8	
X	CHAKRABORTY S S ET AL: "AN ADAPTIVE ARQ SCHEME WITH PACKET COMBINING FOR TIME VARYING CHANNELS" IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, US, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, US, Bd. 3, Nr. 2, Februar 1999 (1999-02), Seiten 52-54, XP000824092 ISSN: 1089-7798 * das ganze Dokument *	1,8	
		-/-	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Rechercheur	Abschlußdatum der Recherche	Patent	
DEN HAAG	29. Juni 2000	Toumpouolidis, T	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument A : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : technische Offenbarung P : Zwischenfazit			



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 00 81 0080

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSEFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.)
Y	US 5 699 364 A (YAMAGISHI KATSUNI ET AL) 16. Dezember 1997 (1997-12-16) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeile 53 – Spalte 2, Zeile 67 *	3-5,10	
Y	US 4 691 314 A (BERGINS LEWIS A ET AL) 1. September 1987 (1987-09-01) * Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 53 – Spalte 5, Zeile 4 * * Spalte 5, Zeile 63 – Spalte 6, Zeile 2 *	2,9	
Y	US 4 841 526 A (WILSON JON C ET AL) 20. Juni 1989 (1989-06-20) * Zusammenfassung * * Spalte 4, Zeile 30 – Zeile 56 * * Spalte 9, Zeile 67 – Spalte 10, Zeile 22 *	7	
RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.)			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchierort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	29. Juni 2000	Toumpouolidis, T	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : Monatsfristliche Offenbarung P : Zulachensitz			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 00 81 0080

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Orientierung und erfolgen ohne Gewähr.

29-06-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9944341	A	02-09-1999	AU	2575899 A		15-09-1999
US 5699364	A	16-12-1997	JP	8256065 A		01-10-1996
			JP	8256132 A		01-10-1996
			CN	1138782 A		25-12-1996
US 4691314	A	01-09-1987		KEINE		
US 4841526	A	20-06-1989	EP	0162478 A		27-11-1985